

# METHOD FOR DETECTING THE MOTION AND POSITION STATE OF A COMPONENT OF AN INDUCTIVE ELECTRIC LOAD, WHICH COMPONENT CAN BE MOVED BETWEEN TWO END POSITIONS BY MEANS OF MAGNETIC INTERACTION

Patent number: DE3942836  
Publication date: 1991-06-27  
Inventor: THELEN ULRICH DIPL ING (DE); HIRTH THOMAS DIPL ING (DE)  
Applicant: DAIMLER BENZ AG (DE)  
Classification:  
- international: **F02D41/20; F02D41/22; F02D41/20; F02D41/22;** (IPC1-7): F15B13/043; G01D5/20; H01F7/18  
- european: F02D41/20; F02D41/22B  
Application number: DE19893942836 19891223  
Priority number(s): DE19893942836 19891223

Also published as:

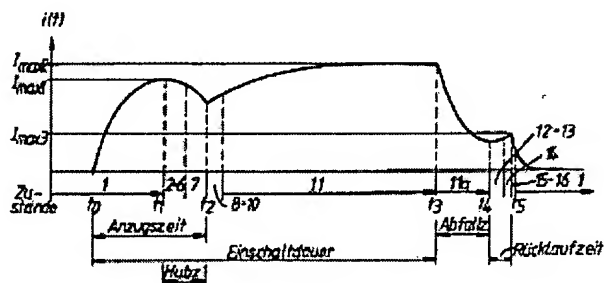
EP0438640 (A1)  
US5182517 (A1)  
EP0438640 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for DE3942836  
Abstract of corresponding document: **US5182517**

A method for detecting the motion and position state of a component of an inductive electric load. The component can be moved between two end positions by magnetic interaction, in which the total waveform of the drive current is divided into a plurality of states. By evaluating these individual states, comprehensive error diagnostics and a setting of operating parameters of the inductive electric load to operating conditions are possible.

Fig. 1



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 39 42 836.2  
22 Anmeldetag: 23. 12. 89  
43 Offenlegungstag: 27. 6. 91

DE 39 42 836 A 1

71 Anmelder:  
Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Thelen, Ulrich, Dipl.-Ing., 7300 Esslingen, DE; Hirth,  
Thomas, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Bewegungs- und Lagezustandserkennung eines durch magnetische Wechselwirkung zwischen zwei Endpositionen beweglichen Bauteiles eines induktiven elektrischen Verbrauchers

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bewegungs- und Lagezustandserkennung eines durch magnetische Wechselwirkung zwischen zwei Endpositionen beweglichen Bauteiles eines induktiven elektrischen Verbrauchers, bei dem der gesamte zeitliche Verlauf des Ansteuerstromes in mehrere Zustände unterteilt wird. Durch die Auswertung dieser einzelnen Zustände ist eine umfangreiche Fehlerdiagnose sowie eine Einstellung von Betriebsparametern des induktiven elektrischen Verbrauchers auf Betriebsbedingungen möglich.

DE 39 42 836 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bewegungs- und Lagezustandserkennung eines durch magnetische Wechselwirkung zwischen zwei Endpositionen beweglichen Bauteiles eines induktiven elektrischen Verbrauchers gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Aus der DE 38 17 770 A1 ist bereits ein gattungsgemäßes Verfahren bekannt, wonach der Ansteuerstrom eines Schaltventiles in seinem zeitlichen Verlauf untersucht wird, um erkennen zu können, wann der Anker des Schaltventiles in Bewegung ist. Dabei erfolgt eine logische Verknüpfung des Ansteuerstromes zum Schaltventil mit der Zeitableitung des Ansteuerstromes derart, daß erkannt werden kann, wann der Anker des Schaltventiles in Bewegung ist. Wird dort bei einer Bestromung des Schaltventiles erkannt, daß sich der Anker des Schaltventiles in Bewegung gesetzt hat, erfolgt eine Reduzierung des Ansteuerstromes, so daß in dem Schaltventil nur eine geringere Leistung umgesetzt werden muß. Außerdem wird durch eine Bestimmung der Flugzeiten des Ankers des Schaltventiles eine Fehlerdiagnose durchgeführt.

Bei diesem Verfahren könnte unter Umständen als nachteilig erachtet werden, daß im Rahmen der Fehlerdiagnose nur die Flugzeiten des Ankers des Schaltventiles berücksichtigt werden, ohne daß auf Betriebsbedingungen des Schaltventiles wie beispielsweise die Betriebstemperatur oder die Bordnetzspannung eingegangen wird. Bei einer niedrigeren Betriebstemperatur wird die Flugzeit verlängert, ohne daß eine Funktionsstörung des Schaltventiles vorliegt. Außerdem erfolgt die Reduzierung des Erregerstromes ohne eine Berücksichtigung von Betriebsbedingungen. Des weiteren muß bei der Bestimmung der Zeitableitung zweckmäßigerweise eine Filterung des Signales erfolgen, so daß eine Veränderung der Größe des Erregerstromes frühestens mit einer zeitlichen Verzögerung erfolgen kann, die der Filterzeitkonstanten entspricht.

Des weiteren ist aus dem Gebiet der Fehlerdiagnose bereits allgemein ein Verfahren bekannt, wonach Fehler bzw. Zustände von an einem Prozeß beteiligten Bauteilen erkannt werden, indem das Verhalten des Prozesses charakterisierende Größen erfaßt werden. Diese das Verhalten des Prozesses charakterisierenden Größen werden durch den Prozeß beschreibende Modellgleichungen miteinander verknüpft, wobei diese Modellgleichungen bei fehlerfreien Bauteilen durch einen bestimmten Parametersatz bestimmt sind. Werden nun bei variablen Parametern die Modellgleichungen für die aktuell gemessenen, das Verhalten des Prozesses charakterisierenden Größen gelöst, so kann aus einer Abweichung der Parameter des aktuell ermittelten Parametersatzes von dem bestimmten Parametersatz auf Fehler an einem oder mehreren Bauteilen geschlossen werden, wenn die Auswirkungen von Fehlern eines oder mehrerer Bauteile auf Änderungen eines oder mehrerer Parameter des Parametersatzes a priori bekannt sind.

Bei diesem Verfahren wäre es nur mit einem sehr großen Aufwand möglich, während des Schaltvorganges eines durch magnetische Wechselwirkung zwischen zwei Endpositionen beweglichen Bauteiles eines induktiven elektrischen Verbrauchers zu erkennen, in welchem Zustand sich das bewegliche Bauteil gerade befindet. Diese Zuordnung der Zustände des beweglichen Bauteiles zu einzelnen Zeitpunkten wäre mit großen Unsicherheiten behaftet.

Des weiteren ist es bekannt (DE 34 35 465 A1), von

einer Verarbeitungsroutine in einer Steuereinrichtung angesteuerte Verbraucher zu testen, indem diese Verbraucher von Testroutinen mit Testsignalen beaufschlagt werden, wenn die Verbraucher nicht durch die Verarbeitungsroutine der Steuereinrichtung angesteuert werden.

Bei diesem Verfahren ergeben sich Nachteile dahin gehend, daß ein Test nur dann erfolgen kann, wenn die Verbraucher nicht von der Verarbeitungsroutine angesteuert werden, so daß keine Aussage über den momentanen Zustand des beweglichen Bauteiles getroffen werden kann.

Außerdem ist es bekannt (DE 26 10 558 A1), das Erreichen der Endlage eines Verbrauchers bei einem Schaltvorgang durch einen Schalter zu erkennen, der durch den Verbraucher dann betätigt wird, wenn dieser die Endlage erreicht.

Nachteilig ist dabei, daß ein zusätzlicher Schalter vorhanden sein muß, der zusätzliche Kosten verursacht und außerdem eine Fehlerquelle darstellt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein möglichst einfaches Verfahren zu entwickeln, mit dem mit möglichst großer Sicherheit und geringen Zeitverzögerungen auf den momentanen Bewegungs- und Lagezustand eines durch magnetische Wechselwirkung zwischen zwei Endpositionen beweglichen Bauteiles eines induktiven elektrischen Verbrauchers geschlossen werden kann.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren zur Bewegungs- und Lagezustandserkennung eines durch magnetische Wechselwirkung zwischen zwei Endpositionen beweglichen Bauteiles eines induktiven elektrischen Verbrauchers erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wobei die Merkmale der Unteransprüche vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen kennzeichnen.

Weitere Vorteile der Erfindung gegenüber dem bekannten Stand der Technik bestehen darin, daß aus dem Erkennen eines Erreichens der Endlage des durch magnetische Wechselwirkung beweglichen Bauteiles eines induktiven elektrischen Verbrauchers der Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  für diese Endlage auf den zum Erreichen der Endlage benötigten Ansteuerstrom bezogen werden kann. Aus einer Änderung der Größe des für das Erreichen der Endlage benötigten Ansteuerstromes gegenüber einem Referenzwert für diesen Ansteuerstrom kann außerdem auf mögliche Defekte des induktiven elektrischen Verbrauchers rückgeschlossen werden. Außerdem kann durch einen Zugriff auf Zwischenwerte einer Differenziereinheit eine schnellere Reaktion auf zeitliche Veränderungen des Ansteuerstromes erfolgen.

Der Ansteuerstrom eines induktiven elektrischen Verbrauchers mit einem durch magnetische Wechselwirkung beweglichen Bauteil hat aufgrund der Bewegung des beweglichen Bauteiles einen charakteristischen Verlauf derart, daß sich die Änderungsrichtung des Ansteuerstromes ändert, wenn sich das bewegliche Bauteil aus einer seiner Endpositionen heraus in Bewegung setzt. Aus diesem Grund wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Differentiation des Ansteuerstromes des induktiven elektrischen Verbrauchers durchgeführt, so daß aus einer Änderung der Änderungsrichtung des Ansteuerstromes erkannt werden kann, ob sich das bewegliche Bauteil aus einer seiner Endpositionen heraus in Bewegung setzt bzw. ob die Zielposition erreicht ist. Aus dem zeitlichen Verlauf des Ansteuerstromes während sich das bewegliche Bauteil in Ruhe befindet können außerdem Rückschlüsse auf Betriebsbedingungen bzw. Funktionsstörungen des in-

duktiven elektrischen Verbrauchers gezogen werden.

Wird erkannt, daß sich das bewegliche Bauteil aus einer seiner beiden Endpositionen heraus in Bewegung setzt, ist es beispielsweise möglich, den Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  für das bewegliche Bauteil auf den Ansteuerstrom zu beziehen, der notwendig war, um das bewegliche Bauteil in Bewegung zu versetzen. Somit ist es in einfacher Weise möglich, Änderungen der Dynamik des beweglichen Bauteiles aufgrund von Temperaturschwankungen oder aufgrund von Bordnetzspannungsschwankungen in einem Kraftfahrzeug zu kompensieren, ohne einen unnötig großen Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  zu beaufschlagen. Der Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  kann dabei beispielsweise linear ansteigen mit der Größe des Ansteuerstromes, der notwendig ist, um das bewegliche Bauteil in Bewegung zu versetzen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung schematisch dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Dabei erfolgt ohne Beschränkung der Allgemeinheit die Darstellung der Verhältnisse an einem Schaltventil. Dabei entspricht das Schaltventil dem induktiven elektrischen Verbraucher und der Schaltventilanker dem beweglichen Bauteil. Entsprechend können die Verhältnisse auf weitere Ausführungsbeispiele wie beispielsweise ein Relais übertragen werden. Es zeigt:

Fig. 1 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufes des Ansteuerstromes eines Schaltventiles,

Fig. 2 eine Vorrichtung zur Durchführung der Differentiation des Ansteuerstromes, zur Darstellung der Zustände des Schaltventilankers sowie zur Auswertung dieser Zustände zur Ableitung weiterer Parameter,

Fig. 3 eine Darstellung der Beschreibung der Zustände des Schaltventilankers und

Fig. 4 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufes des Ansteuerstromes bei einer getakteten Bestromung des Schaltventiles.

Das Schaltventil stellt einen induktiven elektrischen Verbraucher dar, so daß sich ein Verlauf des Ansteuerstromes entsprechend der Darstellung der Fig. 1 ergibt. Zum Zeitpunkt  $t_0$  wird dem Schaltventil ein Sollwert eines Ansteuerstromes übergeben, der eine solche Größenordnung aufweist, daß sich der Schaltventilanker aus seiner Ruhelage in Richtung seiner Endlage in Bewegung setzt, wenn der Wert des Ansteuerstromes diesen Sollwert erreicht. Der Ansteuerstrom steigt daraufhin mit einem Ansprechverzögerung an nach der Gleichung:

$$i(t) = I_{\text{max}1} \times (1 - \exp\{-(t-t_0)/\tau_{\text{aus}}\}).$$

Zum Zeitpunkt  $t_1$  setzt sich der Schaltventilanker so in Bewegung, daß aufgrund der Lenz'schen Regel diese Bewegung des Schaltventilankers eine solche Spannung induziert, die ihrer Ursache — dem Ansteuerstrom — entgegenwirkt. Somit ergibt sich für die Zeitspanne ab dem Zeitpunkt  $t_1$  bis zu dem Zeitpunkt  $t_2$ , zu dem der Schaltventilanker in seiner Endlage angeschlagen ist, insgesamt eine Abnahme des Ansteuerstromes. Da sich der magnetische Kreis dann geschlossen hat, erfolgt von dem Zeitpunkt  $t_2$  bis zu dem Zeitpunkt  $t_3$ , zu dem der Schaltventil übergebene Sollwert des Ansteuerstromes gleich null wird, eine Zunahme des Ansteuerstromes mit der Zeitkonstanten  $\tau_{\text{ein}}$ , die größer ist als die Zeitkonstante  $\tau_{\text{aus}}$ , nach der Gleichung:

$$i(t) = I_{\text{max}2} \times (1 - \exp\{-(t-t_2)/\tau_{\text{ein}}\}).$$

Der Schaltventilanker setzt sich zu dem Zeitpunkt  $t_3$

noch nicht sofort in Richtung seiner Ruhelage in Bewegung, da eine Spannung induziert wird, die der plötzlichen Abnahme des Ansteuerstromes entgegen wirkt und somit zu einem zeitlich verzögerten Abbau des Ansteuerstromes führt. Dieser abfallende Ansteuerstrom hält somit bis zu dem Zeitpunkt  $t_4$  den Schaltventilanker in der Endlage. Zu dem Zeitpunkt  $t_4$  hat der Ansteuerstrom den zum Halten der Endlage notwendigen Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  unterschritten, so daß sich der Schaltventilanker in Richtung seiner Ruhelage in Bewegung setzt. Da der magnetische Kreis immer noch geschlossen ist, fällt der Ansteuerstrom von der Zeitspanne  $t_3$  bis zur Zeitspanne  $t_4$  mit der Zeitkonstanten  $\tau_{\text{ein}}$  ab nach der Gleichung:

$$i(t) = I_{\text{max}2} \times \exp\{-(t-t_3)/\tau_{\text{ein}}\}.$$

Die Bewegung des Schaltventilankers aus der Endlage in Richtung seiner Ruhelage ab dem Zeitpunkt  $t_4$  bis zu dem Erreichen der Ruhelage zum Zeitpunkt  $t_5$  bewirkt eine Induktion einer Spannung, die der Ursache der Bewegung des Schaltventilankers — dem abfallenden Ankerstrom — entgegen gerichtet ist. Somit ist in der Zeitspanne von  $t_4$  nach  $t_5$  ein Ansteigen des Ansteuerstromes festzustellen. Nach dem Erreichen der Ruhelage zum Zeitpunkt  $t_5$  fällt der Ansteuerstrom aufgrund des geöffneten magnetischen Kreises mit der Zeitkonstanten  $\tau_{\text{aus}}$  ab nach der Gleichung:

$$i(t) = I_{\text{max}3} \times \exp\{-(t-t_5)/\tau_{\text{aus}}\}.$$

Bei einer Auswertung der charakteristischen Größen dieses Verlaufes des Ansteuerstromes über der Zeit kann beispielsweise die Größe des Haltestromes  $I_{\text{Halte}}$  des Schaltventilankers in Abhängigkeit des Stromes zum Zeitpunkt  $t_1$  oder zum Zeitpunkt  $t_2$  vorgegeben werden. Dabei kann diese Abhängigkeit derart sein, daß der Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  linear ansteigt mit der Größe des entsprechenden Stromes zum Zeitpunkt  $t_1$  oder  $t_2$ . Dazu ist es notwendig, eine Differentiation des zeitlichen Verlaufes des Ansteuerstromes durchzuführen, um die Richtungsänderung des Verlaufes von dem Zeitpunkt  $t_1$  zu dem Zeitpunkt  $t_2$  gegenüber der Richtung des Verlaufes von dem Zeitpunkt  $t_0$  zu dem Zeitpunkt  $t_1$  und damit den Zeitpunkt  $t_1$  erkennen zu können. Entsprechend gilt, daß eine Differentiation des zeitlichen Verlaufes des Ansteuerstromes durchzuführen ist, um die Richtungsänderung des Verlaufes von dem Zeitpunkt  $t_2$  zu dem Zeitpunkt  $t_3$  gegenüber der Richtung des Verlaufes von dem Zeitpunkt  $t_1$  zu dem Zeitpunkt  $t_2$  und damit den Zeitpunkt  $t_2$  zu erkennen, wenn der Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  auf den Wert des Ansteuerstromes zum Zeitpunkt  $t_2$  bezogen werden soll. Des weiteren kann aus dem gemessenen Verlauf des Ansteuerstromes eine Identifikation der Parameter der einzelnen Teilstücke des Verlaufes des Ansteuerstromes entsprechend den angeführten Gleichungen durchgeführt werden. Somit ist es durch einen Vergleich der aufgrund der Parameteridentifikation bestimmten Parameter mit zugehörigen Referenzwerten möglich, auf Betriebsbedingungen bzw. Funktionsstörungen zu schließen. Die Zeitkonstanten  $\tau_{\text{ein}}$  und  $\tau_{\text{aus}}$  sind von dem verwendeten Schaltventil abhängig und ergeben sich aus dem ohmschen und dem induktiven Widerstand.

Wie der Darstellung der Fig. 2 zu entnehmen ist, erfolgt in dem Vorrichtungsteil 2.1 eine Differentiation des Ansteuerstromes des Schaltventiles, indem mittels des Up/Down — Signales (U/D — Signal) in der Zu-

standserkennungsvorrichtung 2.2 auf die Steigung des Ansteuerstromes des Schaltventiles geschlossen wird. Eine Differentiation des Ansteuerstromes des Schaltventiles erfolgt dabei in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2, indem in dem Eingangskomparator 2.1.1 der Wert des aktuell gemessenen Ansteuerstromes mit einem in dem 7 bit-Zähler 2.1.3 in dem letzten Clockzyklus nachgebildeten Wert des Ansteuerstromes verglichen wird. Der Wert des 7 bit-Zählers 2.1.3 wird durch den A/D-Wandler 2.1.4 in einen Analogwert gewandelt und über die Signalleitung 2.1.1.2 dem Eingangskomparator 2.1.1 zugeführt. Der Wert des aktuell gemessenen Ansteuerstromes wird dem Eingangskomparator über die Signalleitung 2.1.1.1 zugeführt.

Das Ausgangssignal 2.1.1.3 des Eingangskomparators 2.1.1 wird einem Flipflop 2.1.2 zugeführt und führt somit mittels des Ausgangssignales 2.1.2.1 (U/D — Signal) in jedem Clockzyklus zu einem Aufwärts- bzw. Abwärtszählen des 7 bit-Zählers 2.1.3 um ein bit, wobei die Zählrichtung davon abhängt, ob der aktuell gemessene Ansteuerstrom größer oder kleiner als der während des letzten Clockzyklus gemessene Ansteuerstrom ist. Dieses U/D — Signal wird der Zustandserkennungsvorrichtung 2.2 zugeführt, in der aus der Anzahl der Schritte, in denen der Wert des 7 bit-Zählers 2.1.3 aufwärts bzw. abwärts gezählt wird, die Steigung des Ansteuerstromes ermittelt wird. Dies kann beispielsweise entsprechend dem in Fig. 3 dargestellten Verfahren geschehen. In dem Vorrichtungsteil 2.1 ist noch auf eine geeignete Einstellung der Clockfrequenz  $f_{CLK}$  zu achten. Da der 7 bit-Zähler 2.1.3 während einer Clockperiode nur um ein niederwertigstes bit erhöht bzw. erniedrigt werden kann, muß die Clockfrequenz  $f_{CLK}$  in Abhängigkeit der größtmöglich auftretenden Zeitableitung  $SR_{max}$  des Ansteuerstromes und der Auflösung  $V_{auf}$  des 7 bit-Zählers eingestellt werden. Die Auflösung  $V_{auf}$  ergibt sich dabei aus dem größtmöglichen durch den 7 bit-Zähler darstellbaren Wert dividiert durch die durch den 7 bit-Zähler darstellbaren Zustände. Es ergibt sich somit für die Clockfrequenz  $f_{CLK}$ :

$$f_{CLK} = SR_{max}/V_{auf}.$$

Einer Auswertungseinheit 2.3 werden dann die von der Zustandserkennungsvorrichtung erkannten Zustände des Schaltventiles über die Signalleitung 2.2.1 zugeführt. Außerdem kann dieser Auswertungseinheit 2.3 noch der Wert des aktuell gemessenen Ansteuerstromes zugeführt werden. Es ist dann beispielsweise möglich, in der Auswertungseinheit verschiedene, die Bewegung des Ventilankers charakterisierende Größen mit vorgegebenen Referenzwerten dahin gehend zu vergleichen, ob die Abweichungen jeweils vorgegebene Grenzwerte überschreiten. Als die Bewegung des Ventilankers charakterisierende Größen bieten sich beispielsweise die Größe der Zeitspannen  $(t_5 - t_4)$  oder  $(t_2 - t_1)$  an oder die Ansteuerströme zu den Zeitpunkten  $t_1$  oder  $t_4$  zu denen sich der Ventilanker gerade aus der Ruhe- bzw. Endlage in Bewegung setzt. Ebenso kann aus dem gemessenen Verlauf des Ansteuerstromes eine Identifikation der Parameter der einzelnen Teilstücke des Verlaufes des Ansteuerstromes entsprechend den in der Beschreibung der Fig. 1 angeführten Gleichungen durchgeführt werden. Somit ist es durch einen Vergleich der aufgrund der Parameteridentifikation bestimmten Parameter mit zugehörigen Referenzwerten möglich, auf Betriebsbedingungen bzw. Funktionsstörungen zu schließen. Wird eine Abweichung eines dieser Werte von dem zugehöri-

gen Referenzwert oberhalb eines Grenzwertes festgestellt, kann beispielsweise eine Informationsausgabeeinheit angesteuert werden. In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ist diese Informationsausgabeeinheit als Lampe 2.4 dargestellt. Ebenso ist es beispielsweise möglich, die Größe des Haltestromes  $I_{Halte}$ , der den Ventilanker in dessen Endlage halten soll, auf die Größe des Ansteuerstromes zu beziehen, der sich zum Zeitpunkt  $t_1$  eingestellt hatte, als sich der Ventilanker in Bewegung setzte. Somit ist eine adaptive Einstellung der Größe des Haltestromes  $I_{Halte}$  auf sich verändernde Umgebungsbedingungen wie z. B. die Temperatur des Schaltventiles oder Spannungsschwankungen im Bordnetz eines Kraftfahrzeuges möglich. Die Zuordnung der Größe des Haltestromes  $I_{Halte}$  zur Größe des Ansteuerstromes, der sich zum Zeitpunkt  $t_1$  eingestellt hatte, hängt dabei von den Betriebsbedingungen des Schaltventiles ab wie z. B. von Erschütterungen. Wurde in der Auswertungseinheit 2.3 ein Sollwert für einen Haltestrom  $I_{Halte}$  ermittelt, kann dieser über die Signalleitung 2.5.1 einer Regeleinrichtung 2.5 zur Einstellung dieses Haltestromes  $I_{Halte}$  zugeführt werden.

Der Darstellung der Fig. 3 ist zu entnehmen, daß der zeitliche Verlauf des Ansteuerstromes in mehrere Zustände unterteilt werden kann, wobei in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Unterteilung in 16 Zustände vorgenommen ist. Ein Übergang von einem Zustand in einen anderen wird aufgrund eines Parametersatzes erkannt, wobei der Parametersatz in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel aus zwei einzelnen Parametern besteht. Der erste dieser Parameter beschreibt den Sollwert des Ansteuerstromes, wobei der Wert dieses Parameters gleich 1 ist, wenn der Sollwert des Ansteuerstromes einen solchen Wert annimmt, daß sich der Schaltventilanker aus seiner Ruhelage in Richtung seiner Endlage in Bewegung setzt, wenn der Wert des Ansteuerstromes diesem Sollwert entspricht. Ist der Sollwert des Ansteuerstromes gleich 0, so ist der Wert dieses ersten Parameters ebenfalls gleich 0. Der zweite dieser Parameter beschreibt die Steigung des Ansteuerstromes über der Zeit (U/D — Signal). Wird der Ansteuerstrom größer, nimmt dieser Parameter den Wert 1 an. Bleibt der Ansteuerstrom konstant oder wird kleiner, nimmt dieser Parameter den Wert 0 an.

Der Zustand 1 entspricht dabei der Zeitspanne von  $t_0$  bis  $t_1$ . Dieser Zustand ist dadurch charakterisiert, daß der dem Schaltventil übergebene Sollwert des Ansteuerstromes eine solche Größenordnung annimmt, daß der erste Parameter des Parametersatzes den Wert 1 annimmt. Dies führt dazu, daß der Ansteuerstrom während dieser Zeitspanne monoton steigend ist. Dieser Zustand 1 wird beibehalten, wenn die Parameter des Parametersatzes den Wert (1,1) haben.

Wird dem Schaltventil ein solcher Sollwert des Ansteuerstromes übergeben, daß der erste Parameter des Parametersatzes den Wert 1 annimmt und wird gleichzeitig festgestellt, daß der Ansteuerstrom fallend ist — das heißt, daß der zweite Parameter des Parametersatzes den Wert 0 annimmt —, wenn das Schaltventil vorher in dem Zustand 1 war, so geht das Schaltventil in einen Zustand 2 über. Die Parameter des Parametersatzes haben dann den Wert (1,0). Dieser Zustand 2 geht in den Zustand 1 zurück, wenn der Ansteuerstrom steigend ist, ohne daß vorher das Erreichen der Endlage zum Zeitpunkt  $t_2$  erkannt wurde. Die Parameter des Parametersatzes haben dann den Wert (1,1). Dadurch ist gewährleistet, daß die zeitliche Änderung des Ansteuerstromes mit einer Filterung bewertet wird, so daß keine kurzzei-

tigen Störungen des Ansteuerstromes zu einer Bewertung des Ansteuerstromes führen können, die zu einer falschen Interpretation des Zustandes führt. Diese Filterung kann beispielsweise auch durchgeführt werden, indem an sich bekannte analoge oder digitale Filter eingesetzt werden, wobei dann zweckmäßigerweise geschlossen wird, daß sich der Schaltventilanker in Bewegung gesetzt hat, wenn die Zeitspanne, während der der Ansteuerstrom monoton fallend war, einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 wird dies realisiert, indem in bestimmten Zeitabständen überprüft wird, ob der momentan gemessene Ansteuerstrom größer oder kleiner als der zu dem letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom ist. Ausgehend von dem Zustand 2 erfolgt dann ein Übergang zu Zuständen 3, 4, 5 und 6, wenn dem Schaltventil ein Sollwert des Ansteuerstromes übergeben wird, der dazu führt, daß der erste Parameter des Parametersatzes den Wert 1 annimmt und wenn gleichzeitig zu den bestimmten Zeitabständen festgestellt wird, daß der momentan gemessene Ansteuerstrom kleiner ist als der zum jeweils letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom. Das heißt, daß die Parameter des Parametersatzes bei jedem dieser Übergänge die Wertekombination (1,0) annehmen. Wird während eines der Zustände 2 bis 6 festgestellt, daß der momentan anliegende Ansteuerstrom größer ist als der zum jeweils letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom, wird die Nummer des aktuellen Zustandes um 1 erniedrigt. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (1,1). Dies erfolgt gegebenenfalls bis wiederum der Zustand 1 erreicht ist. Mittels dieser Charakterisierung des zeitlichen Verlaufes des Ansteuerstromes durch einzelne Zustände kann beispielsweise eine Reduktion des Ansteuerstromes, wenn sich der Schaltventilanker in Bewegung gesetzt hat, bedingt durch die Art der Filterung mit einer sehr kurzen Zeitkonstanten erfolgen. Die eigentliche Filterung ist in dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel erst beendet, wenn der Zustand 7 erreicht worden ist. Eine Reduktion des Ansteuerstromes kann nun aber beispielsweise schon dann erfolgen, wenn der Zustand 3 erreicht ist. Erfolgt dabei eine zu starke Reduktion des Ansteuerstromes, erfolgt eine Rückkehr zum Zustand 2, wobei dann wiederum eine Erhöhung des Ansteuerstromes erfolgen kann.

Ist der Zustand 2 erreicht und soll eine Reduzierung des Ansteuerstromes in Abhängigkeit der Größe des Ansteuerstromes zum Zeitpunkt  $t_1$  erfolgen, kann bereits während der Filterung die Größe des reduzierten Ansteuerstromes ermittelt werden. Somit können ggf. Maßnahmen eingeleitet werden, bevor die Filterung beendet ist.

Wird in dem Zustand 6 erkannt, daß der momentan gemessene Ansteuerstrom kleiner ist als der zum letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom, wird der Zustand 7 erkannt. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (1,0). Bei weiter abfallendem Ansteuerstrom verbleibt der Zustand 7 bis zum Erreichen der Endlage des Schaltventilankers zum Zeitpunkt  $t_2$ .

Wird dem Schaltventil ein solcher Sollwert des Ansteuerstromes übergeben, der dazu führt, daß der erste Parameter des Parametersatzes den Wert 1 annimmt und wird gleichzeitig festgestellt, daß der Ansteuerstrom steigend ist, wenn das Schaltventil vorher in dem Zustand 7 war, so wird das Erreichen der Endlage des Schaltventilankers zum Zeitpunkt  $t_2$  erkannt und das Schaltventil geht in einen Zustand 8 über. Die Parame-

ter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (1,1). Dieser Zustand 8 geht in den Zustand 7 zurück, wenn das Schaltventil mit einem Ansteuerstrom beaufschlagt wird und dieser Ansteuerstrom fallend ist. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (1,0). Zweckmäßigerweise wird auch hier die zeitliche Änderung des Ansteuerstromes mit einer Filterung bewertet, so daß keine kurzzeitigen Störungen des Ansteuerstromes zu einer Bewertung des Ansteuerstromes führen können, die zu einer falschen Interpretation des Zustandes führt. Diese Filterung kann beispielsweise auch hier durchgeführt werden, indem an sich bekannte analoge oder digitale Filter eingesetzt werden, wobei dann zweckmäßigerweise auf ein Erreichen der Endlage des Schaltventilankers geschlossen wird, wenn die Zeitspanne, während der der Ansteuerstrom monoton steigend war, einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 wird dies realisiert, indem in bestimmten Zeitabständen überprüft wird, ob der momentan gemessene Ansteuerstrom größer oder kleiner als der zu dem letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom ist. Ausgehend von dem Zustand 7 erfolgt dann ein Übergang zu Zuständen 8, 9 und 10, wenn dem Schaltventil ein solcher Sollwert des Ansteuerstromes übergeben wird, der dazu führt, daß der erste Parameter des Parametersatzes den Wert 1 annimmt und wenn gleichzeitig zu den bestimmten Zeitabständen festgestellt wird, daß der momentan gemessene Ansteuerstrom größer ist als der zum jeweils letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom. Das bedeutet, daß die Parameter des Parametersatzes die Wertekombination (1,1) aufweisen. Wird während eines der Zustände 8 bis 10 festgestellt, daß der momentan gemessene Ansteuerstrom kleiner ist als der zum jeweils letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom, wird die Nummer des aktuellen Zustandes um 1 erniedrigt. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (1,0). Dies erfolgt gegebenenfalls bis wiederum der Zustand 7 erreicht ist. Auch hierbei können analog der Beschreibung der Verhältnisse bei den Zuständen 2 bis 6 Maßnahmen frühzeitig vor dem Ende der eigentlichen Filterung eingeleitet werden, indem nicht das Erreichen des Zustandes 11 abgewartet sondern schon beim Erreichen eines der Zustände 8 bis 10 Maßnahmen ergriffen werden.

Wird bei einem der beschriebenen Zustände 1 bis 10 dem Schaltventil ein Sollwert des Ansteuerstromes entsprechend einem Wert 0 übergeben, so erfolgt eine Zuordnung zu dem Zustand 1 unabhängig davon, ob der Ansteuerstrom steigt oder fällt. Die Parameter des Parametersatzes haben dann eine der Wertekombinationen (0,0) oder (0,1).

Wird in dem Zustand 10 erkannt, daß der momentan gemessene Ansteuerstrom größer ist als der zum letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom, wird der Zustand 11 erkannt. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (1,1). Dieser Zustand 11 wird erst dann verlassen, wenn der Zeitpunkt  $t_4$  erreicht ist. Das heißt, daß der Zustand 11 beibehalten wird, wenn die Parameter des Parametersatzes eine der Wertekombinationen (0,0), (1,0), (1,1) aufweisen. Allerdings ist es auch möglich, den Zustand 11 in weitere einzelne Zustände so zu unterteilen, daß beispielsweise zum Zeitpunkt  $t_3$  ein neuer Zustand 11a beginnt. Der Übergang von dem Zustand 11 zu diesem Zustand 11a erfolgt dann, wenn die Parameter des Parametersatzes eine der Wertekombinationen (0,0) oder (0,1) einnehmen. Es ist somit beispielsweise möglich, aus der Größe der Zeit-



spanne ( $t_4 - t_3$ ) eine Aussage über die Beweglichkeit des Schaltventilankers zu treffen.

In dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel verbleibt der Zustand 11 bis zum Zeitpunkt  $t_4$ , d. h., daß der Zustand 12 dann erkannt wird, wenn der dem Schaltventil übergebene Sollwert des Ansteuerstromes gleich 0 wird und wenn gleichzeitig der Ansteuerstrom ansteigt. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (0,1). Zusätzlich zu diesem Kriterium für den Übergang in den Zustand 12 kann der Parametersatz noch um einen weiteren Parameter erweitert werden. Dieser dritte Parameter nimmt dabei den Wert 0 an, wenn der Wert des Ansteuerstromes oberhalb eines Schwellwertes liegt und dieser dritte Parameter nimmt dabei den Wert 1 an, wenn der Wert des Ansteuerstromes unterhalb des Schwellwertes liegt. Dabei kann der Schwellwert in der Größenordnung von 5% des Wertes des Stromes  $I_{\max 1}$  liegen. Wird dabei in dem Zustand 11 erkannt, daß der dritte Parameter den Wert 1 annimmt, kann dann ein Zurücksetzen zu dem Zustand 1 erfolgen. Es wurde dann keiner der Zustände 12–16 erkannt. Dies kann dann erfolgen, wenn der Anstieg des Ansteuerstromes zwischen den beiden Zeitpunkten  $t_4$  und  $t_5$  so schwach und/oder so kurz ist, daß ausgehend von dem Zustand 11 kein Übergang zu höheren Zuständen erfolgt. Der Zustand 12 geht in den Zustand 11 zurück, wenn der dem Schaltventil übergebene Sollwert des Ansteuerstromes gleich 0 ist und wenn der Ansteuerstrom fallend ist. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (0,0). Zweckmäßigerweise wird auch hier die zeitliche Änderung des Ansteuerstromes mit einer Filterung bewertet, so daß keine kurzzeitigen Störungen des Ansteuerstromes zu einer Bewertung des Ansteuerstromes führen können, die zu einer falschen Interpretation des Zustandes führt. Diese Filterung kann beispielsweise auch hier durchgeführt werden, indem an sich bekannte analoge oder digitale Filter eingesetzt werden, wobei dann zweckmäßigerweise geschlossen wird, daß sich der Schaltventilanker aus der Endlage in Richtung der Ruhelage bewegt, wenn die Zeitspanne, während der der Ansteuerstrom monoton steigend war, einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 3 wird dies realisiert, indem in bestimmten Zeitabständen überprüft wird, ob der momentan gemessene Ansteuerstrom größer oder kleiner als der zu dem letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom ist. Ausgehend von dem Zustand 12 erfolgt dann ein Übergang zu einem Zustand 13, wenn der dem Schaltventil übergebene Sollwert des Ansteuerstromes gleich 0 ist und wenn gleichzeitig zu den bestimmten Zeitabständen festgestellt wird, daß der momentan gemessene Ansteuerstrom größer ist als der zum jeweils letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (0,1). Wird während des Zustandes 13 festgestellt, daß der momentan gemessene Ansteuerstrom kleiner ist als der zum letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom, wird die Nummer des aktuellen Zustandes um 1 erniedrigt, so daß wieder der Zustand 12 erreicht wird. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (0,0). Wird während des Zustandes 13 festgestellt, daß der momentan gemessene Ansteuerstrom größer ist als der im letzten Zeitpunkt gemessene Ansteuerstrom, erfolgt ein Übergang zu dem Zustand 14. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (0,1).

Dieser Zustand 14 wird dabei beibehalten, wenn der

Ansteuerstrom weiter ansteigt, das heißt, wenn die Parameter des Parametersatzes die Wertekombination (0,1) annehmen. Zum Zeitpunkt  $t_5$  wird dabei das Erreichen der Ruhelage des Schaltventilankers erkannt, wenn der dem Schaltventil übergebene Sollwert des Ansteuerstromes gleich 0 ist und wenn der Ansteuerstrom kleiner wird. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (0,0) und es erfolgt ein Übergang zu dem Zustand 15. Wird während des Zustandes 15 festgestellt, daß der Ansteuerstrom weiter fällt, erfolgt ein Übergang zu dem Zustand 16. Die Parameter des Parametersatzes haben die Wertekombination (0,0). Ist der dem Schaltventil während des Zustandes 16 übergebene Sollwert des Ansteuerstromes nach wie vor gleich 0, erfolgt bei weiter kleiner werdendem Ansteuerstrom eine Rückkehr zum Zustand 1. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (0,0). Erfolgt bei einem der Zustände 15 oder 16 ein Anstieg des Ansteuerstromes und ist der dem Schaltventil übergebene Sollwert des Ansteuerstromes gleich 0, so wird die Nummer des aktuellen Zustandes um 1 erniedrigt. Die Parameter des Parametersatzes haben dann die Wertekombination (0,1).

Wird bei einem der Zustände 12 bis 16 dem Schaltventil ein Sollwert des Ansteuerstromes übergeben, der dazu führt, daß der erste Parameter des Parametersatzes den Wert 1 annimmt, erfolgt eine Rückkehr zum Zustand 11 unabhängig davon, ob der Ansteuerstrom ansteigt oder abfällt. Die Parameter des Parametersatzes haben dann eine der Wertekombinationen (1,0) oder (1,1).

Eine Abwandlung des Ausführungsbeispiels der Fig. 3 ergibt sich beispielweise dadurch, daß die Filterzeitkonstanten bei der Differentiation des Ansteuerstromes anders gewählt werden, so daß sich in Anlehnung an das Ausführungsbeispiel der Fig. 3 eine andere Einteilung der einzelnen Zustände ergibt.

Fig. 4 zeigt einen charakteristischen Verlauf des Ansteuerstromes eines Schaltventiles bei dem nach dem Erkennen des Erreichens der Endlage des Schaltventilankers eine getaktete Bestromung erfolgt, so daß sich ein mittlerer Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  einstellt, der gemäß der Darstellung der Fig. 4 auf den zum Zeitpunkt  $t_2$  fließenden Ansteuerstrom bezogen ist und beispielsweise 80% dieses Ansteuerstromes beträgt. Ebenso ist es auch möglich, den Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  auf den zum Zeitpunkt  $t_1$  fließenden Ansteuerstrom zu beziehen, wobei der Haltestrom  $I_{\text{Halte}}$  dann in der Größenordnung von ca. 70–80% dieses Stromes liegt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bewegungs- und Lagezustandserkennung eines durch magnetische Wechselwirkung zwischen zwei Endpositionen beweglichen Bauteiles eines induktiven elektrischen Verbrauchers, wobei aus einer Kombination des Sollwertes des Ansteuerstromes und der zeitlichen Ableitung des Ansteuerstromes geschlossen wird, ob das bewegliche Bauteil des induktiven elektrischen Verbrauchers in Bewegung ist, indem bei einer Bewegung des beweglichen Bauteiles die Änderung der Änderungsrichtung des Ansteuerstromes in Abhängigkeit des Sollwertes des Ansteuerstromes ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß der gesamte zeitliche Verlauf des Ansteuerstromes des induktiven elektrischen Verbrauchers in mehrere Zustände unterteilt wird, die den Bewegungs- und

Lagezustand des beweglichen Bauteiles charakterisieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Parametersatz aus wenigstens zwei binäre Werte annehmenden Parametern bestimmt wird, 5

- wobei der erste Parameter den Sollwert des Ansteuerstromes charakterisiert,
  - indem dieser erste Parameter den Wert 1 annimmt, wenn der Sollwert des Ansteuerstromes einen solchen Wert annimmt, daß sich das bewegliche Bauteil aus seiner Ruhelage in Richtung seiner Endlage in Bewegung setzt, wenn der Ansteuerstrom diesen Sollwert erreicht, und 10
  - indem dieser erste Parameter den Wert 0 annimmt, wenn der Sollwert des Ansteuerstromes gleich 0 wird, und 15
- wobei der zweite Parameter die Änderungsrichtung des Ansteuerstromes charakterisiert, 20
  - indem dieser zweite Parameter den Wert 1 annimmt, wenn der Ansteuerstrom ansteigt, und
  - indem dieser zweite Parameter den Wert 0 annimmt, wenn der Ansteuerstrom konstant ist oder kleiner wird und daß ein Übergang von einem Zustand in einen anderen erfolgt, wenn sich die Werte der Parameter des Parametersatzes entsprechend dem momentanen Bewegungs- und Lagezustand so ändern, daß sich das bewegliche Bauteil in einem Bewegungs- und Lagezustand befindet, der durch den anderen Zustand charakterisiert wird. 35

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein dritter Parameter die Leerlaufstellung des beweglichen Bauteiles charakterisiert, 40

- wobei dieser dritte Parameter den Wert 0 annimmt, wenn der Wert des Ansteuerstromes oberhalb eines Schwellwertes liegt und
- wobei dieser dritte Parameter den Wert 1 annimmt, wenn der Wert des Ansteuerstromes unterhalb des Schwellwertes liegt und
- wobei geschlossen wird, daß sich das bewegliche Bauteil in seiner Ruhelage befindet, wenn der dritte Parameter den Wert 1 annimmt. 50

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Bewegungs- und Lagezustand des beweglichen Bauteiles einem Zustand 1 zugeordnet wird, wenn dem induktiven elektrischen Verbraucher ein solcher Sollwert des Ansteuerstromes vorgegeben wird, daß der erste Parameter den Wert 1 annimmt und wenn sich das bewegliche Bauteil noch nicht aus seiner Ruhelage in Bewegung gesetzt hat, was dadurch erkannt wird, daß nach einer Änderung des Sollwertes des Ansteuerstromes von dem Wert 0 auf einen solchen Wert, daß der erste Parameter des Parametersatzes den Wert 1 annimmt, der Ansteuerstrom streng monoton steigend ist. 60

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Änderung des Bewegungs- und Lagezustandes des beweglichen Bauteiles dahin gehend, daß sich das bewegliche Bauteil aus seiner 65

Ruhelage in Richtung seiner Endlage in Bewegung setzt, durch einen Zustand 2 charakterisiert wird, wobei diese Änderung des Bewegungs- und Lagezustandes erkannt wird, wenn der Bewegungs- und Lagezustand momentan durch den Zustand 1 charakterisiert wird und wenn die beiden ersten Parameter des Parametersatzes die Wertekombination (1,0) annehmen, wobei dieser Zeitpunkt mit  $t_1$  bezeichnet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Signalfilterung durchgeführt wird, indem bei bleibender Wertekombination (1,0) der beiden ersten Parameter des Parametersatzes ein Aufwärtszählen der Zustände erfolgt und indem bei einer Wertekombination (1,1) der beiden ersten Parameter des Parametersatzes ein Abwärtszählen der Zustände erfolgt bis entweder der Zustand 1 erreicht ist oder ein Zustand mit der Nummer x, die insbesondere 7 sein kann, ab dem sicher geschlossen wird, daß sich das bewegliche Bauteil in Bewegung gesetzt hat.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Erreichen der Endlage des beweglichen Bauteiles erkannt wird, wenn der momentane Zustand dem Zustand mit der Nummer x entspricht, indem dann festgestellt wird, daß der Ansteuerstrom wieder steigend ist, so daß die beiden ersten Parameter des Parametersatzes die Wertekombination (1,1) aufweisen, wobei dann der Zustand aufwärts gezählt wird und wobei dieser Zeitpunkt mit  $t_2$  bezeichnet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Signalfilterung durchgeführt wird, indem bei bleibender Wertekombination (1,1) der beiden ersten Parameter des Parametersatzes ein Aufwärtszählen der Zustände erfolgt und indem bei einer Wertekombination (1,0) der beiden ersten Parameter des Parametersatzes ein Abwärtszählen der Zustände erfolgt bis entweder der Zustand x erreicht ist oder ein Zustand mit der Nummer y, die insbesondere 11 sein kann, ab dem sicher geschlossen wird, daß das bewegliche Bauteil seine Endlage erreicht hat.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Bewegungs- und Lagezustand des beweglichen Bauteiles mit dem Zustand 1 charakterisiert wird, wenn der erste Parameter des Parametersatzes den Wert 0 annimmt, bevor sicher das Erreichen der Endlage des beweglichen Bauteiles erkannt wurde.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß von dem Zustand, der das sichere Erreichen der Endlage des beweglichen Bauteiles zum Zeitpunkt  $t_2$  charakterisiert, aufwärts gezählt wird, wenn der Sollwert des Ansteuerstromes gleich 0 wird, wobei dieser Zeitpunkt mit  $t_3$  bezeichnet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von einem Zustand z, der beschreibt, daß sich das bewegliche Bauteil ab dem Zeitpunkt  $t_3$  noch in seiner Endlage befindet und daß der erste Parameter des Parametersatzes den Wert 0 annimmt, der Zustand aufwärts gezählt wird, wenn der zweite Parameter des Parametersatzes den Wert 1 annimmt, wobei dieser Zeitpunkt mit  $t_4$  bezeichnet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Signalfilterung durchgeführt



wird, indem bei bleibender Wertekombination (0,1) der beiden ersten Parameter des Parametersatzes ein Aufwärtszählen der Zustände erfolgt und indem bei einer Wertekombination (0,0) der beiden ersten Parameter des Parametersatzes ein Abwärtszählen der Zustände erfolgt bis entweder der Zustand  $z$  erreicht ist oder ein Zustand mit der Nummer  $u$ , die insbesondere 14 sein kann, ab dem sicher geschlossen wird, daß das bewegliche Bauteil sich aus der Endlage in Richtung seiner Ruhelage bewegt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von dem Zustand, der den Bewegungs- und Lagezustand charakterisiert, daß das bewegliche Bauteil ab dem Zeitpunkt  $t_4$  von der Endlage in Richtung seiner Ruhelage in Bewegung ist, ein Aufwärtszählen des Zustandes erfolgt, wenn die beiden ersten Parameter des Parametersatzes die Wertekombination (0,0) aufweisen, wobei dieser Zeitpunkt mit  $t_5$  bezeichnet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine Signalfilterung durchgeführt wird, indem bei bleibender Wertekombination (0,0) der beiden ersten Parameter des Parametersatzes ein Aufwärtszählen der Zustände erfolgt und indem bei einer Wertekombination (0,1) der beiden ersten Parameter des Parametersatzes ein Abwärtszählen der Zustände erfolgt bis entweder der Zustand  $u$  erreicht ist oder ein Zustand mit der Nummer  $v$ , die insbesondere 16 sein kann, ab dem sicher geschlossen wird, daß das bewegliche Bauteil seine Ruhelage erreicht hat.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß von dem Zustand mit der Nummer  $v$  ein Übergang zu dem Zustand mit der Nummer 1 erfolgt, wenn die beiden ersten Parameter des Parametersatzes die Wertekombination (0,0) aufweisen.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der momentane Zustand dem Zustand zugeordnet wird, der charakterisiert, daß das bewegliche Bauteil sicher die Endlage erreicht hat, wenn während der Zeitspanne, während der das bewegliche Bauteil sich in Richtung der Ruhelage bewegt, der erste Parameter den Wert 1 annimmt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Ansteuerstrom  $I_{\text{Halte}}$  zum Halten des beweglichen Bauteiles in der Endlage ab dem Zeitpunkt  $t_2$  bezogen wird auf die Größe des zum Zeitpunkt  $t_1$  fließenden Ansteuerstromes.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Ansteuerstrom  $I_{\text{Halte}}$  zum Halten des beweglichen Bauteiles in der Endlage ab dem Zeitpunkt  $t_2$  bezogen wird auf die Größe des zum Zeitpunkt  $t_2$  fließenden Ansteuerstromes.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine Bestimmung von den zeitlichen Verlauf des Ansteuerstromes charakterisierenden Konstanten und durch einen Vergleich dieser Konstanten mit vorgegebenen Referenzwerten Betriebsbedingungen oder Funktionsstörungen des induktiven elektrischen Verbrauchers erkannt werden.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die den zeitlichen Verlauf des Ansteuer-

stromes charakterisierenden Konstanten eine oder mehrere der Konstanten sind:

– die den zeitlichen Abfall zwischen ab dem Zeitpunkt  $t_5$  sowie den zeitlichen Anstieg zwischen den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  charakterisierende Zeitkonstante  $t_{\text{aus}}$ ,

– die den zeitlichen Abfall zwischen den Zeitpunkten  $t_3$  und  $t_4$  sowie den zeitlichen Anstieg zwischen den Zeitpunkten  $t_2$  und  $t_3$  charakterisierende Zeitkonstante  $t_{\text{ein}}$ ,

– eine oder mehrere der Zeitspannen  $(t_1 - t_0)$ ,  $(t_2 - t_1)$ ,  $(t_4 - t_3)$ ,  $(t_5 - t_4)$  und/oder

– eine oder mehrere der Konstanten  $I_{\text{max}1}$ ,  $I_{\text{max}2}$ ,  $I_{\text{max}3}$ .

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung des Ansteuerstromes zum Halten des beweglichen Bauteiles in der Endlage ab dem Zeitpunkt  $t_2$  auf den Sollwert frühzeitig erfolgt, indem aus einer Zustandserkennungsvorrichtung (2.2) frühzeitig Tendenzen der Änderungsrichtung des Ansteuerstromes ausgewertet werden.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1

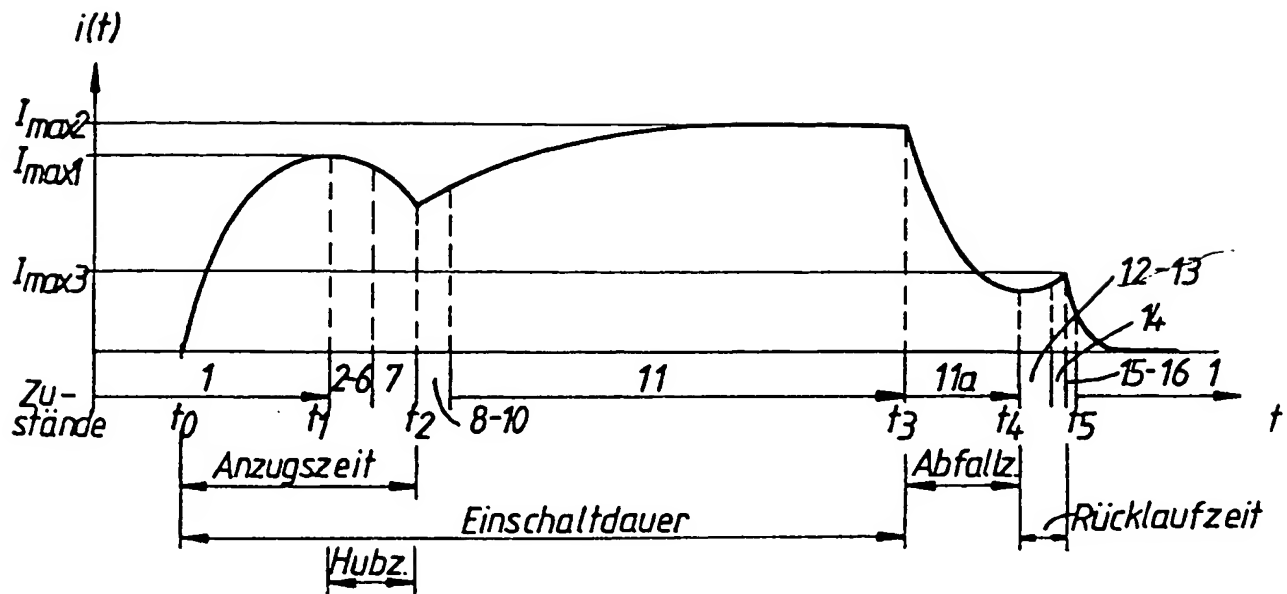


Fig. 2

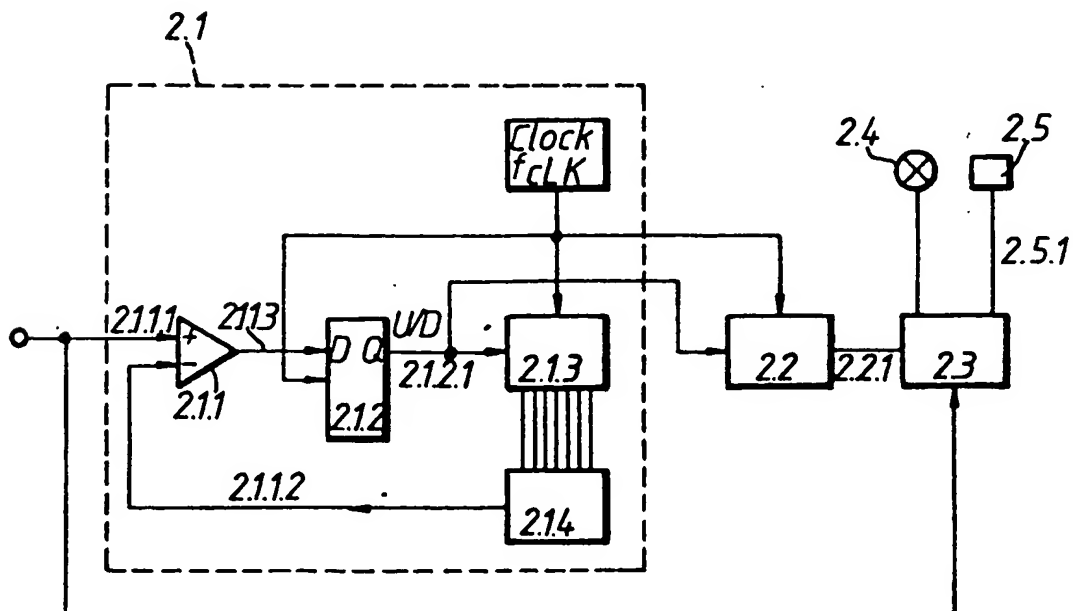


Fig. 3

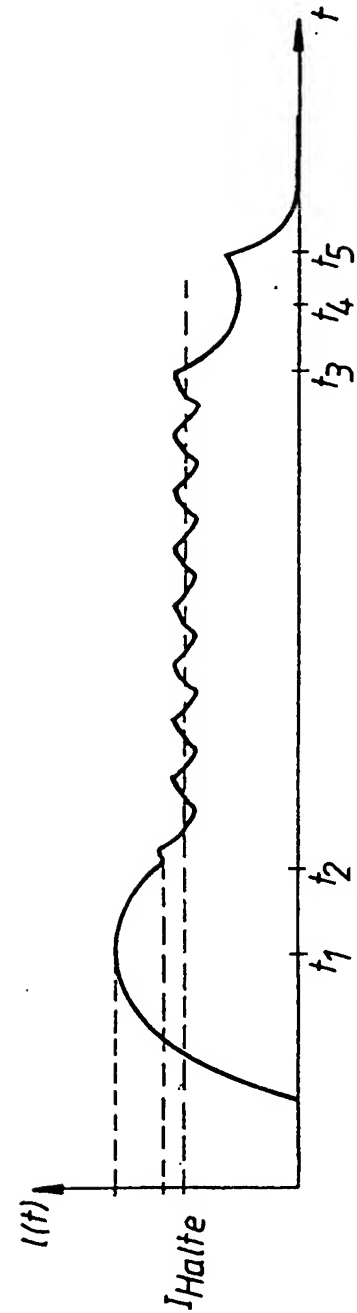
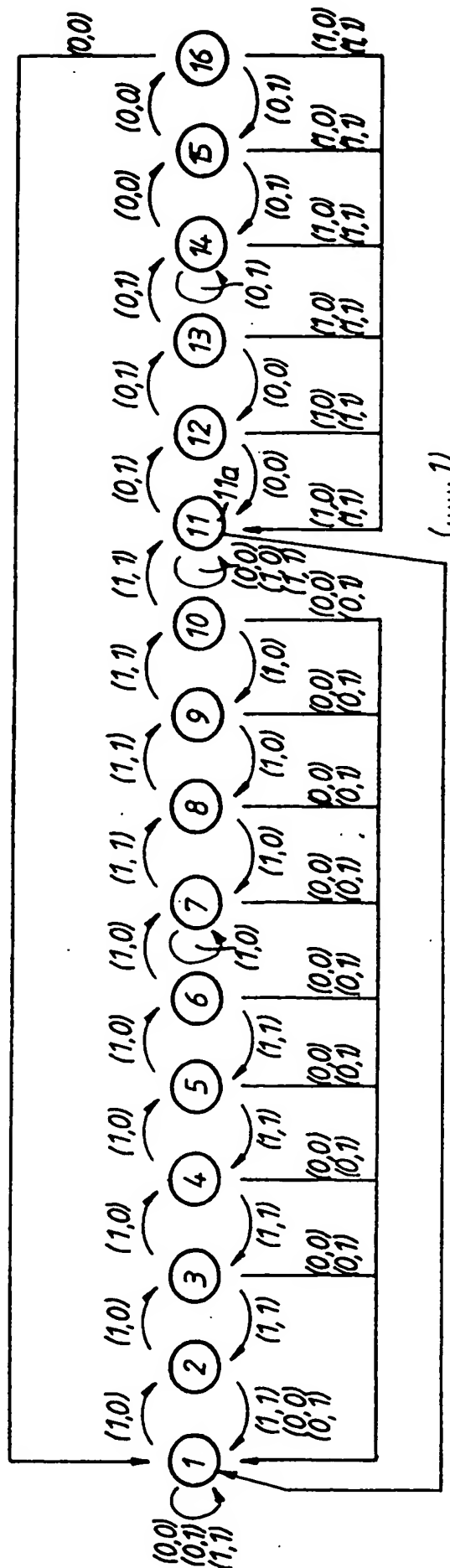


Fig. 4